

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3708145 A1

②① Aktenzeichen: P 37 08 145.4  
②② Anmeldetag: 13. 3. 87  
④③ Offenlegungstag: 24. 9. 87

⑤① Int. Cl. 4:  
**G01D 5/26**  
H 03 M 1/22  
// G02B 27/00,  
G01B 11/00, 11/26,  
G01K 5/00, G01L 7/00

Behördeneigentum

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
20.03.86 GB 06855/86 17.05.86 GB 12049/86

⑦① Anmelder:  
Smiths Industries Public Ltd. Co., London, GB

⑦④ Vertreter:  
Charrier, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8900 Augsburg

⑦② Erfinder:  
Edwards, Roger Alan, Cheltenham, Gloucestershire,  
GB

⑤④ Optischer Stellungsmeßwandler

DE 3708145 A1

## Patentansprüche

1. Optischer Stellungswandler mit einer optischen Strahlungsquelle, die eine Strahlung mit einem breiten Frequenzband erzeugt, die durch einen optischen Kopf in ihre Spektrumskomponenten zerteilt wird, die auf einem bewegbaren Teil abgebildet werden, dessen Stellung zu erfassen ist, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegbare Teil (4, 70) mit reflektierenden Markierungen (41, 42, 71, 72) kodiert ist, die nach Stellung des Teils (4, 70) unterschiedliche Spektrumskomponenten zurück zum optischen Kopf (3) reflektieren, der optische Kopf (3) die reflektierte Strahlung entsprechend ihren Wellenlängen in Richtung auf das Ende eines Lichtleiters (7) ablenkt und dort abbildet, der die reflektierte Strahlung einem Detektor (8, 9, 11) zuführt, der auf Strahlung unterschiedlicher Wellenlängen anspricht und Ausgangssignale entsprechend der empfangenen Wellenlängen erzeugt.
2. Optischer Stellungswandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Kopf (3) ein Diffraktionselement (44) aufweist, das die Eingangsstrahlung in ihre Spektrumskomponenten zerteilt und das die von den Markierungen (41, 42, 71, 72) reflektierte Strahlung in den Lichtleiter (7) ablenkt.
3. Optischer Stellungswandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Diffraktionselement ein Diffraktionsgitter (44) ist.
4. Optischer Stellungswandler nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Kopf (3) eine konvergierende, reflektierende Oberfläche (32) aufweist, diese Oberfläche (32) die einfallende Strahlung parallel richtet und auf das Diffraktionselement (44) reflektiert und die von den Markierungen (41, 42, 71, 72) reflektierte Strahlung auf das Ende des Lichtleiters (7) fokussiert.
5. Optischer Stellungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lichtleiter (2) vorgesehen ist, der die Strahlung der Strahlungsquelle (1) dem optischen Kopf (3) zuführt und ein zweiter Lichtleiter (7) vorgesehen ist, der die reflektierte Strahlung vom optischen Kopf (3) dem Detektor (8, 9, 11) zuführt.
6. Optischer Stellungswandler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Lichtleiter (2) aus einer einzigen Faser besteht.
7. Optischer Stellungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Kopf (3) aus einem soliden Block (31) eines optisch transparenten Materials besteht.
8. Optischer Stellungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegbare Teil ein analoger Kodierer (4, 70) ist, der Kodierer (4, 70) zwei reflektierende Spuren (41, 42, 71, 72) aufweist, deren Abstand sich in Bewegungsrichtung verändert und der Detektor (8, 9, 11) auf den Abstand der reflektierten Spektrumskomponenten anspricht.
9. Optischer Stellungswandler nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegbare Teil (70) in zwei zueinander rechtwinklig verlaufenden Richtungen bewegbar ist, und der Detektor (8, 9, 11) sowohl auf den Abstand der reflektierten Spektrumskomponenten als auch deren Absolutstellung anspricht.
10. Optischer Stellungswandler nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet, daß das bewegbare Teil eine drehbare Scheibe (4) ist, das eine erste zur Drehachse (5) konzentrische Spur (41) und eine zweite spiralförmig verlaufende Spur (42) aufweist.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen optischen Stellungsmeßwandler nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Optische Stellungsmeßwandler weisen eine Lichtquelle und einen Empfänger auf, der üblicherweise am Ende eines Lichtleitkabels angeordnet ist, wobei entsprechend der zu erfassenden bzw. zu messenden Stellung die beim Empfänger einfallende Strahlung verändert wird. Der Strahlungseinfall kann beispielsweise durch Verwendung einer bewegbaren Maske verändert werden, die eine Lichtdurchtrittsöffnung veränderbarer Größe aufweist. Es ist auch möglich, ein StrahlungsfILTER zu verwenden, das über seine Filterebene hinweg die Strahlung unterschiedlich stark dämpft und das zusammen mit demjenigen Teil, dessen Stellung zu messen ist, bewegt wird. Diese Meßwandler arbeiten zufriedenstellend, vorausgesetzt, daß die Strahlenintensität der beim Empfänger einfallenden Strahlung sich nicht aus sonstigen Gründen verändert. Wird die Strahlung der von der Lichtquelle ausgesandten Strahlung aus irgendwelchen Gründen verändert, dann führt dies zu einer Fehlmessung der zu erfassenden Stellung. Solche Änderungen können beispielsweise durch Schwankungen in der Stromversorgung der Lichtquelle auftreten.

Der Effekt dieser Veränderungen in der Lichtintensität können vermindert werden, indem der Spektralinhalt der Strahlung entsprechend der zu erfassenden Stellung moduliert wird. Hierbei ist jedoch nachteilig, daß es schwierig ist, ein Ausgangssignal zu erhalten, das linear mit der zu erfassenden Stellung verläuft, da bei den Vorrichtungen die Spektralverteilung nicht linear ist und die Dekoder zum Messen der Spektralverteilung kein lineares Ansprechverhalten aufweisen.

Bei einem anderen Wandler wird das Licht in seine Spektralkomponenten aufgeteilt und eine kodierte Maske wird innerhalb des Spektrums bewegt, um zu ermöglichen, daß verschiedene Teile des Spektrums entsprechend der Stellung der Maske hindurchgelassen werden. Die durch die Maske hindurchgehende Strahlung wird am Ende eines Lichtleitkabels fokussiert und am anderen Ende des Kabels wieder aufgeteilt. Durch Messung der Strahlenintensität an verschiedenen Teilen des Spektrums ist es möglich, die Stellung der Maske zu bestimmen. Das Problem, das bei einem derartigen Wandler auftritt, besteht darin, daß es schwierig ist sicherzustellen, daß die gesamte durch die Maske hindurchgehende Strahlung am einen Ende des Lichtleitkabels fokussiert wird. Der Grund liegt darin, daß das gebildete Bild über die Bildebene hinweg gespreizt wird infolge der Aufteilung des Spektrums, das an der Maske abgebildet wird. Ein weiteres Problem kann darin bestehen, daß in einigen Anwendungsfällen eine transparente Maske nicht verwendet werden kann, wo ein Zugang zu beiden Seiten der Maske erforderlich ist.

Es besteht die Aufgabe, diese Nachteile zu vermeiden. Gelöst wird diese Aufgabe mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Ausführungsbeispiele werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des optischen Stellungswandlers;

Fig. 2 eine Seitenansicht des optischen Kopfes des Wandlers;

Fig. 3 eine Draufsicht des beim Wandler verwendeten drehbaren Kodierers;

Fig. 4 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines Kodierers und

Fig. 4A bis 4C Ausgangssignale, die bei verschiedenen Stellungen des Kodierers nach Fig. 4 auftreten.

Gemäß Fig. 1 weist der optische Stellungs wandler eine Strahlenquelle 1 auf, die ein Strahlenspektrum  $\lambda_1$  bis  $\lambda_2$  erzeugt und beispielsweise einer lichtimitierenden Diode oder einer Wolframlampe besteht, die durch eine Stromquelle 21 erzeugt wird. Die Strahlung der Lichtquelle 1 wird über ein Lichtleitkabel 2 einem optischen Kopf 3 zugeführt, der nachfolgend noch im einzelnen beschrieben werden wird. Der optische Kopf 3 teilt die Strahlung in ihr Spektrum auf, das auf eine Kodierscheibe 4 gerichtet wird, die sich entsprechend den Änderungen einer Eingangsveränderlichen um die Achse 5 dreht. Diese Eingangsveränderliche kann beispielsweise abgeleitet werden von einem Druck- oder Temperatursensor, der die Eingangswelle 6 der Kodierscheibe 4 dreht.

Die Kodierscheibe 4 reflektiert verschiedene Anteile des Spektrums zurück zum optischen Kopf 3 entsprechend der Stellung dieser Kodierscheibe. Die reflektierte Strahlung wird im optischen Kopf 3 zusammengefaßt und einem Ende eines Lichtleitkabels 7 zugeführt. Die Lichtleitkabel 2, 7 weisen bevorzugt nur eine Phase auf. Das rückführende Kabel 7 ist an seinem anderen Ende verbunden mit einem Dekodierer 8, der die zurückgeleitete Strahlung in ihre Frequenzkomponenten aufteilt. Die Aufteilung in die verschiedenen Wellenlängen im Dekoder 8 kann durch einen Gitterumformer oder ein Prisma erfolgen. Das vom Dekoder gebildete Spektrum wird auf eine lineare Anordnung 9 von Photodioden fokussiert, die den Leitungen 10 Ausgangssignale zuführen, welche repräsentativ sind für die Strahlungsintensität an verschiedenen Stellen des Spektrums. Da üblicherweise nur eine Photodiode verwendet und angestrahlt wird, sondern das Licht über mehrere Photodioden gespreizt wird, wird ein Signalprozessor 11 verwendet, der die Beleuchtungsspitzen identifiziert. Das Ausgangssignal vom Signalprozessor 11 wird einer Anzeigevorrichtung 12 zugeführt, die eine Anzeige der Stellung der Kodierscheibe 4 wiedergibt, wobei die Einteilung direkt die zu messende Eingangsveränderliche, wie beispielsweise den Druck oder die Temperatur anzeigt. Alternativ dazu kann das Ausgangssignal des Prozessors 11 dazu verwendet werden, Steueraufgaben durchzuführen.

Falls weißes Licht ausreichender Intensität verwendet wird, kann ein Anteil des modifizierten Lichts abgespalten und dazu verwendet werden, einen Punkt an einer Steuertafel zu erleuchten. Hierdurch ist eine einfache und direkte Anzeige des Zustands der Veränderlichen möglich. Da am Ende des sichtbaren Spektrums die Farbe rot herrscht, kann diese Farbe auf diese Weise einen gefährlich hohen Druck anzeigen, während die Farbe grün einen erlaubten Druck wiedergibt.

Der optische Kopf 3 wird nachfolgend anhand der Fig. 2 näher beschrieben. Der optische Kopf 3 besteht aus einem Glasblock, der aus verschiedenen Glaselementen zusammengefügt ist. Anstelle von Glas kann auch ein anderes optisch transparentes Material verwendet werden. Der Hauptteil des Kopfes 3 besteht aus einem im wesentlichen rechteckigen Kollimatorblock 31 mit einer sphärisch konvergierenden Oberfläche 32, auf welcher eine reflektierende Beschichtung 33 ange-

bracht ist. Die gegenüberliegende Fläche 34 des Kollimatorblocks 31 ist eben und trägt die anderen Komponenten des optischen Kopfes. Diese umfassen zwei prismatische Elemente 35 und 36, die mit dem oberen Ende der ebenen Fläche 34 verbunden sind und über die die Strahlung in den Kopf bzw. aus dem Kopf tritt. Das Eingangselement 35 weist eine ebene Oberfläche 37 auf, die an der ebenen Fläche 34 des Kollimatorblocks anliegt und eine geneigte untere Oberfläche 38, welche die Eingangsstrahlung in dem Kollimatorblock 31 reflektiert und die es ermöglicht, daß die aus dem Kollimatorblock austretende Strahlung zum Ausgangselement 36 hin hindurchgeht. Das Ausgangselement 36 weist die Form eines Parallelogramms auf, bei dem eine Fläche 39 an der geneigten Fläche 38 des Eingangselements 35 anliegt. Die gegenüberliegende Fläche 40 ist mit reflektierendem Material beschichtet und reflektiert die Strahlung in Richtung auf das Lichtleitkabel 7.

Unterhalb der Ein- und Ausgangselemente 35 und 36 ist auf der ebenen Fläche 34 ein Diffraktionselement 41 angeordnet. Das Diffraktionselement 41 ist ein Glasblock mit einer ebenen vorderen Fläche 42, welche gegen den Kollimatorblock 31 anliegt, und mit einer geneigten hinteren Fläche 43, die mit einem reflektierenden Diffraktionsgitter 44 beschichtet ist.

Am unteren Ende der ebenen Fläche 34 des Kollimatorblocks 31 ist ein Prismenelement 45 mit einer geneigten hinteren Fläche 46 befestigt, die mit einer reflektierenden Schicht beschichtet ist, welche die vom Kollimatorblock 31 austretende Strahlung nach unten auf die Kodierscheibe 44 reflektiert. Die von der Kodierscheibe 4 reflektierte Strahlung wird sodann von dieser rückwärtigen Seite 46 zurück in den Kollimatorblock 31 reflektiert.

Verfolgt man den Strahlengang durch den optischen Kopf 3, dann ergibt sich, daß von der optischen Leitung 2 die Strahlung nach unten in den Kopf eintritt und hierbei divergiert. Die eintretende Strahlung wird von der Fläche 38 des Eingangselements 35 nach rechts horizontal in Richtung der reflektierenden Kollimatoroberfläche 32 reflektiert. Die Krümmung dieser Kollimatoroberfläche 32 ist derart, daß ein paralleler reflektierter Lichtstrahl entsteht, der durch den Block 31 nach links in Richtung auf das Diffraktionsgitter 44 verläuft. Das Gitter 44 teilt die einfallende Strahlung in ihre Spektrumskomponenten auf und erzeugt einen reflektierten Strahl, der zwischen den ausgezogenen und gestrichelten dargestellten Linien aufgespreizt ist. Die in ihr Spektrum aufgeteilte Strahlung verläuft zurück auf die Kollimatoroberfläche 32, wo die einfallende Strahlung konvergiert und nach links zum Prismenelement 45 geleitet wird. Von der hinteren Fläche 46 des Prismas 45 wird die Strahlung nach unten reflektiert und auf der Oberfläche der Kodierscheibe 4 fokussiert. Die Strahlung wird auf diese Weise in ihre einzelnen Wellenlängen zerlegt, wobei ein Strahlenspektrum 60 entsteht, das radial zur Scheibe 4 verläuft.

Die von der Kodierscheibe 4 reflektierte Strahlung wandert den gleichen Weg durch den optischen Kopf 3 zurück zum Diffraktionsgitter 44. Die von der Kodierscheibe 4 auf das Diffraktionsgitter 44 reflektierte Strahlung wird unter einem Winkel abgelenkt, der von der Wellenlänge der Strahlung abhängig ist. Nach Reflexion an der Oberfläche 32 trifft die Strahlung auf die geneigte Oberfläche 38 des Eingangsblocks 35 auf. Die rückseitige Fläche 38 des Eingangsblocks 35 und die vordere Fläche 39 des Ausgangsblocks 36 bilden zusammen eine strahlsplittende Oberfläche, so daß ein Teil der

von der Kodierscheibe 4 reflektierten Strahlung durch die Flächen 38 und 39 hindurch auf die reflektierende Fläche 40 gelangt, wo sie in Richtung auf das Lichtleitkabel 7 reflektiert wird. Das Gitter 44 stellt hierbei sicher, daß die gesamte von der Kodierscheibe 4 reflektierte Strahlung an einem Punkt am Ende des optischen Kabels 7 abgebildet bzw. vereinigt wird.

Hieraus ergibt sich, daß bei Verwendung des vorbeschriebenen optischen Kopfes 3 die Strahlung entsprechend den Wellenlängen, aus denen sie zusammengesetzt ist, aufgeteilt wird, bevor diese Strahlung auf die Kodierscheibe 4 gelangt. Die auf diese Weise in ihre Wellenlängen aufgeteilte Strahlung wird von dort durch die reflektierenden Spuren der Kodierscheibe reflektiert und durch das Gitter 44 zu einem gemeinsamen Strahl zusammengeführt. Auf diese Weise wird das Licht vom Ende des Lichtleiters 2, der einen sehr kleinen Durchmesser aufweist, zu einem breiten Spektrum 60 auf der Kodierscheibe 4 aufgespreizt und die reflektierende Strahlung zu einem gemeinsamen Punkt fokussiert und zwar am einen Ende des Lichtleitkabels 7, das ebenfalls einen sehr kleinen Durchmesser aufweist. Das auf das eine Ende des Lichtleitkabels fokussierte Bild weist somit die gleiche Größe auf wie dasjenige am Ende des Lichtleitkabels 2, wodurch sich ein maximaler Wirkungsgrad ergibt, wenn die beiden Lichtleitkabel 2, 7 den gleichen Durchmesser aufweisen.

Durch Verwendung eines reflektierenden Kodierers ist es möglich, den gleichen optischen Kopf zum Zerlegen und zum Zusammenführen des Lichts zu verwenden, wodurch vermieden wird, daß ein separater Kombiniierer verwendet werden muß, der zusätzliche Kosten und Raum beansprucht. Durch Verwendung eines reflektierenden Kodierers ist es auch nicht notwendig, daß Zugang hinter dem Kodierer geschaffen werden muß. Hierdurch ist es möglich, die Kodierung auf einem opaken Bauteil anzuordnen.

Da die Kollimatoroberfläche 32, das Gitter 44 und die reflektierenden Oberflächen 38, 45 und 40 alle an einem soliden Block angeordnet sind, besteht nicht die Gefahr von Relativbewegungen zwischen diesen Oberflächen beispielsweise infolge von Vibrationen.

Es ist möglich, den gleichen Lichtleiter zum Zuführen und Abführen der Strahlung zu verwenden. Falls jedoch im Lichtleiter Verbindungsstücke verwendet werden, besteht die Gefahr, daß an den Verbindungsstücken Reflexionen auftreten, und es besteht weiterhin die Gefahr, daß ein Teil der Eingangsstrahlung direkt dem Dekodierer zugeführt wird, wo es dann schwierig ist, diese Strahlung von der reflektierten Strahlung zu unterscheiden.

Eine Ausführungsform einer Kodierscheibe 4 zeigt die Fig. 3. Diese weist einen nicht reflektierenden Hintergrund 50 und reflektierende Markierungen in Form von Spuren 41 und 42 auf. Die äußere Spur 41 ist kreisförmig und zentrisch zur Achse 5 der Scheibe angeordnet. Die innere Spur 42 weist Spiralform auf, so daß der Abstand zwischen den Spuren 41 und 42 um die Scheibe 4 herum sich verändert. Das auf der Scheibe 4 abgebildete Spektrum ist der Bereich 40, der sich radial über die beiden Spuren hinweg erstreckt. Dreht sich die Scheibe, dann werden unterschiedliche Teile des Spektrums von der Spiralspur 42 zurück zum optischen Kopf 3 reflektiert. Die kreisförmige Spur 41 reflektiert stets den gleichen Teil des Spektrums zurück, wodurch überprüfbar ist, daß die Spur konzentrisch verläuft. Wird jedoch der Abstand zwischen den beiden Spuren gemessen, dann ist der Wandler unempfindlich gegenüber Exzentrizität

ten bei der Kodierscheibe.

Alternativ dazu ist es möglich, eine Kodierscheibe zu verwenden, die eine digitale Kodierung aufweist, wie beispielsweise einen Gray-Code.

Es ist nicht notwendig, daß der Kodierer die Form einer sich drehenden Scheibe aufweist. Es ist auch möglich, daß er aus einer Platte besteht, welche sich linear bewegt. Eine Form einer solchen Platte 70 ist in Fig. 4 gezeigt, wobei diese Platte in Bewegungsrichtung zwei reflektierende Spuren 71 und 72 aufweist. Die Spuren 71 und 72 sind gegeneinander geneigt, so daß ihr Abstand in Verschieberichtung sich verändert. Das auf der Platte abgebildete Spektrum ist wiederum mit 60 bezeichnet.

Bei dieser Plattenform ist es möglich, sowohl Bewegungen in Längsrichtung als auch quer dazu zu messen. Die Fig. 4A zeigt die Ausgangssignale der Photodiodenanordnung 9 für die Platte 70 in einer Stellung in bezug auf das abgebildete Spektrum 60 wie in Fig. 4 gezeigt. Wird die Platte 70 nach links bewegt, dann wird der Abstand zwischen den Spuren 71 und 72, die sich unter dem abgebildeten Spektrum 60 befinden geringer, so daß die Signale enger beieinanderliegen, wie dies die Fig. 4B zeigt. Wird die Platte 70 quer dazu verschoben, dann bleibt wohl der Abstand zwischen den Signalen unverändert, jedoch ändert sich ihre Absolutstellung, wie dies die Fig. 4C zeigt. Durch Erfassen des Abstands zwischen den Signalen ist es möglich, die Stellung der Platte 70 in Längsrichtung zu erfassen. Wird zusätzlich die Absolutstellung der Signale erfaßt, ist es auch möglich, Stellungen der Platte 70 in Querrichtung zu erfassen.

- Leerseite -

3708145

NAOHGERECHT

92061

Nummer: 37 08 145  
 Int. Cl. 4: G 01 D 5/26  
 Anmeldetag: 13. März 1987  
 Offenlegungstag: 24. September 1987

Fig. 1.

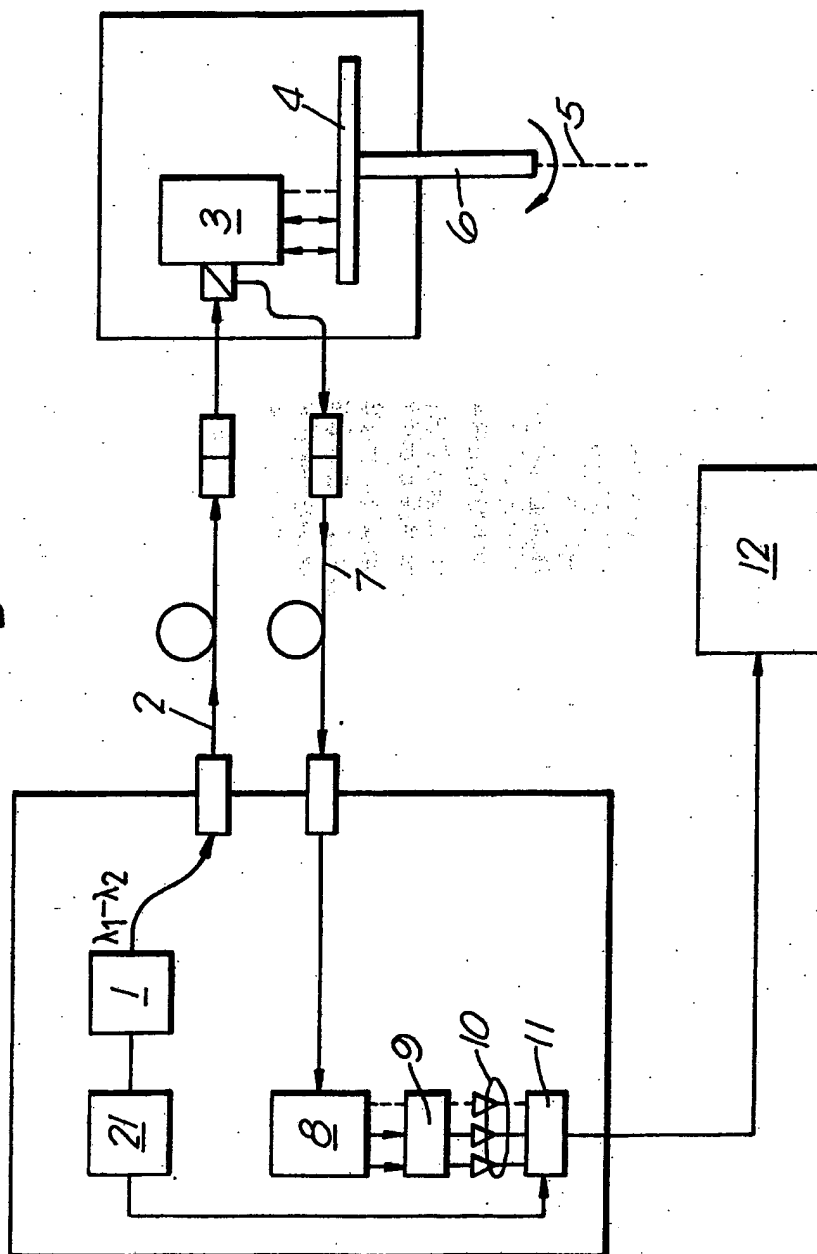
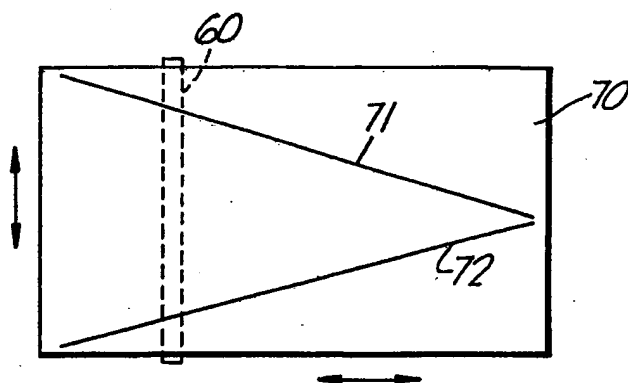


Fig. 3. A schematic diagram of a circular device. It features three concentric circles. The outermost circle is labeled 4. The middle circle is labeled 41. The innermost circle is labeled 42. A small circle, labeled 5, is located at the center. A horizontal bar, labeled 60, is positioned between the middle and inner circles on the left side.

*Fig. 4.**Fig. 4A.**Fig. 4B.**Fig. 4C.*